1927

Lane Medical Library

Aus der Medizinischen Veterinärklinik der Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. Nörr

# Aufnahme und Form des Elektrokardiogramms von Huhn und Taube

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

veterinär-medizinischen Fakultät

der

Hessischen Ludwigs-Universität zu Gießen

vorgelegt von

Hermann Konradt
Tierarzt aus Birthälm (Siebenbürgen)

Giessen 1929
Druckerei der Gießener Studentenhilfe

Gedruckt mit Genehmigung der veterinär-medizinischen Fakultät
zu Gießen
Referent: Professor Dr. J. Nörr.

Mit der wachsenden Bedeutung der Geflügelzucht hat die Erforschung der Geflügelkrankheiten an Bedeutung zugenommen. Im gleichen Maße muß auch den Tierärzten daran gelegen sein, die Hilfsmittel zur Untersuchung erkrankter Tiere nach Möglichkeit auszubauen. Durch verschiedene Veröffentlichungen der letzten Zeit ist erwiesen worden, daß auch das Herz des Geflügels bei manchen Erkrankungen stark in Mitleidenschaft gezogen wird. Deswegen ist es notwendig, auch Herzuntersuchungsmethoden in den Kreis der anzuwendenden Hilfsmittel zu ziehen.

Bei der Eigenart des anatomischen Baues des Geflügels, die die gewöhnlichen Untersuchungsmethoden der Auskultation und Perkussion nicht richtig zur Auswirkung kommen läßt, ist es wichtig, in der Elektrokardiographie eine Methode zu besitzen, die uns ohne große Schwierigkeiten und auch ohne subjektive Täuschungsmöglichkeiten einen Einblick in die Arbeit des Herzens auch beim Geflügel gewährt. Um nun aber Erkrankungen oder Funktionsstörungen des Herzens beim Geflügel herausfinden und beurteilen zu können, muß erst eine gründliche Basis über das normale Bild des Elektrokardiogramms beim Geflügel, und vor allem seiner ganzen Aufnahmetechnik, geschaffen werden. Das Vogelelektrokardiogramm war zwar schon wiederholt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, dabei handelte es sich aber doch in der Hauptsache um physiologische Untersuchungen, die nicht so sehr die Praxis der Veterinärklinik berücksichtigten. Man versuchte, einen Einblick in die Frequenz des Herzens zu erhalten, auch in den Erregungsablauf während der Herztätigkeit dieser Tiere. Hier kam es vor allem darauf an, praktische Elektroden und Ableitungsorte zu finden und ein für alle Mal festzulegen, um bei weiteren Untersuchungen eine gleichmäßige Beurteilung erhaltener Kurven gewährleisten zu können.

## I. Allgemeiner Teil.

Bioelektrische Wechselströme treten innerhalb des Organismus des Menschen und der Tiere in allen Geweben

und Organen auf. Überall in den tätigen Geweben bewegen sich elektrische Strömungen und senden ihre Stromschleifen aus. Unter ihnen nehmen die des Herzens eine hervorragende Stelle ein. Am schlagenden Herzen laufen dauernd elektrische Phänomene ab, die man Aktionsströme nennt. Da am lebenden Gewebe auch Wechselpotentiale auftreten, ohne daß es sich in Bewegung befindet, ist in letzter Zeit, um Verwechslungen zu vermeiden, vorgeschlagen worden, die Wechselpotentiale des Herzens „Bioelektrischen Wechselstrom" zu nennen (35). Nur bioelektrische Wechselströme, also Potentialdifferenzen, kann man messen, nicht bioelektrische Dauerströme, absolute Potentiale. Bei den Stömen handelt es sich um eine Stromstärke von 0,00001 Ampère. Die Untersuchungsmethodik des bioelektrischen Wechselstroms des Herzens ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Da es sich um einen schwachen Strom handelt, ist erstes Erfordernis ein genügend empfindliches Meß- und Aufnahme-Instrument, dessen Eigenschwingungsdauer kleiner sein muß, als die raschesten zu registrierenden Schwingungen.

Abgesehen von dem Lippmann'schen Kapillarelektrometer (9) wurden zur Aufzeichnung Saiten- und Spulengalvanometer (10) benutzt. In den später angeführten Versuchen wurde das Spulengalvanometer von Siemens & Halske angewandt (27).

Andererseits dürfen im Ableitungssystem keine neuen Potentialdifferenzen entstehen, die an Größe der zu registrierenden Potentialdifferenzen des bioelektrischen Gewebes gleichkommen. Alle Aufnahmeapparate bestehen aus Metall, während das lebende Gewebe ein Leiter zweiter Ordnung ist. Bei Stromdurchgang durch ein System: lebendes Gewebe — Meßapparat ist die Möglichkeit von Polarisation gegeben, die eine Aufzeichnung der elektrischen Vorgänge im Gewebe erschwert, unter Umständen auch unmöglich macht. Es besteht also die zweite Forderung, stets unpolarisierbare Elektroden zu benützen, da Polarisation an der Elektrode eine Vergrößerung des Widerstandes und Phasenverschiebung des Stromes gegen die Spannung bewirkt, d. h. durch die Polarisation an der Elektrode wird der bioelektrische Vorgang, der sich in den Geweben abspielt, am Registrierinstrument verkleinert. Für die Güte der Elektroden ist also die Größe der Polarisationskapazität maßgebend.

Von den bisher zur Verwendung gelangten Elektroden habe ich nur Nadelelektroden benützt. Sie wurden von Straub (37) zuerst angegeben; in der Veterinärmedizin wurden sie in verschiedenen Modifikationen erstmalig von Lautenschlager (24) angewandt, der sie in seiner Dissertation näher beschrieben hat.

Bei Anwendung von Nadelelektroden ist auch die dritte Forderung des möglichst geringen Hautwiderstandes behoben, denn Unruhe, dicke Haut, Schmutz, dichtes Haar- und Federkleid erschweren besonders in der Veterinärmedizin das Arbeiten mit anderen Elektroden und beeinflussen die Form des Elektrokardiogramms.

Damit wäre allen Anforderungen an die Apparatur nachgekommen, und es besteht noch die Frage nach der Wahl der Ableitungsstellen. Man unterscheidet eine direkte Ableitung vom freigelegten Herzen in situ und eine indirekte, an der Körperoberfläche durchgeführte Ableitung. Die direkte Ableitung kommt für den klinischen Bedarf nicht in Betracht und gibt, wie sich gezeigt hat, andere Elektrokardiogramme, während bei indirekter Ableitung von bestimmten Stellen bei Mensch und Säugetier die bekannten, charakteristischen Formen des Elektrokardiogramms erzielt werden.

**Ableitungsstellen.** Ausführliche Versuche an Mensch und Tier ergaben, daß die Ableitung in der Richtung des anatomischen Herzachsenverlaufs die brauchbarsten und typischsten Elektrokardiogramme liefert. Bei den Tieren verläuft die Herzachse anders als beim Menschen. Bei den Vögeln verläuft sie noch am meisten parallel der Körperachse. **Nomenklatur** Von den zwei gebräuchlichen Nomenklaturen hat die Medizin die Einthoven'sche (P. Q. R. S. T. U.) (11, 13) meist beibehalten, während in den nachgeführten Bezeichnungen die von Nörr für die Veterinärmedizin befürwortete Krauss-Nikolai'sche (23) Nomenklatur gebraucht wurde. **Form des Elektrokardiogramms.** Das Elektrokardiogramm des Pferdes zeigt drei Zacken: A, die kleinste, positiv als Vorhofschwankung, J, die größte, negativ und F, die mittelgroße, positiv als Zacken der Vor- und Nachschwankung der Kammer. Abgesehen von dieser Grundform ist die Form des Elektrokardiogramms vielen Schwankungen unterworfen. So hat nicht nur jede Tierart, sondern auch jedes Individuum derselben Tierart ein eigenes Elektrokardiogramm von bestimmter Form. Änderungen in der Form des Elektrokardiogramms treten ferner ein

bei verschiedener Wahl der Ableitungsstellen, sowie bei verschiedenen Körperstellungen oder -lagen und dadurch veränderter Herzlage, und zwar rufen parallele Verschiebungen des Herzens keine so erheblichen Abweichungen hervor als Drehung des Herzens. Auch Abkühlung, Erwärmung, gesteigerte Pulsfrequenz, Einwirkung von Giften haben großen Einfluß auf die Elektrokardiogrammform. Endlich verändern auch die Atembewegungen, besonders die Expiration, die Form des Elektrokardiogramms. Klinisch am wichtigsten ist natürlich die Abweichung der Herzstromkurvenform durch funktionelle Störungen oder morphologische Veränderungen des Herzmuskels.

## II. Die anatomischen Verhältnisse beim Geflügel.

Die Anatomie des Vogels ist gegenüber der anderer Haustiere lange etwas stiefmütterlich behandelt worden, doch hat in letzter Zeit die Geflügelanatomie erhöhte Bearbeitung erfahren. Auch über das Vogelherz erschienen in den letzten Jahren eingehende Arbeiten. Nach Kern (19) liegt das Herz der Vögel direkt am Brusteingang im ventralen und vordersten thorakalen Drittel der Leibeshöhle und ist mit seiner Achse in die Mittelebene des Körpers gestellt. Die Herzachse läuft nach hinten unten und bildet so mit der Wirbelsäule einen Winkel von $70^0$. Die Basis des Herzens liegt im Gebiete des Ursprungs der zweiten Rippe in direkter Nachbarschaft und unter der Teilungsstelle der Trachea und des Syrinx. Die Spitze des Herzens ist caudoventral gerichtet, reicht weit zwischen die beiden Leberhälften und liegt ungefähr in der Querebene des Ursprungs der 5ten Rippe in einer Aussparung besonders des rechten Querlappens. Die caudoventral gerichtete Herzfurche liegt zur Hauptsache der Leber an, berührt indessen mit ihrem vorderen linken Anteil auch den Drüsenmagen. Sehr häufig kommt es vor, daß die Herzspitze nach rechts verdrängt ist, was nach Tiedemann (38) von der Größe und Stärke des Muskelmagens abhängig ist. Bei Vogelarten mit kleinem, häutigem Magen (Raubvögel, Reiher) soll die Herzspitze mitten in der Körperachse liegen; mit seiner carnioventralen Seite liegt das Herz vermittels der ventarlen Brustfellsäcke auf dem Brustbein. Die Seitenhälften grenzen im Kammeranteil an die entsprechenden Leberhälften, im Vorhofanteil vermittels Brustfellsäcken

und Lungen an der Brustwand. Verglichen mit den entsprechenden Verhältnissen bei Säugetieren erscheint das Herz der Vögel um 45° nach vorn und rechts gedreht. Im allgemeinen hat das Vogelherz die Form des Säugetierherzens mit mehr länglich kegelförmiger Gestalt und je nach Vogelart spitzer (Sumpfvögel) oder dicker und stumpfer (Hühner, Schwimmer). So wird übereinstimmend erwähnt, daß sich die Grundform des Körpers im allgemeinen in der Form des Herzens wiederholt. Was den inneren Aufbau des Vogelherzens von dem der Säugetiere und des Menschen unterscheidet, ist das Fehlen der Papillarmuskeln in der rechten Herzkammer.

Das spezifische Reizleitungssystem stimmt nach Hofmann, Obermair (29), Tavara und Külbs (21) mit dem des Säugerherzens überein. Das Reizleitungssystem geht auch beim Vogel apical in Purkinje'sche Fäden über, die nicht nur subendokardial, sondern auch im Innern des Myokards, und da vor allem längs der großen Arterien, sich in beiden Ventrikeln ausbreiten und so ein das ganze Kammermyokard durchsetzendes Fasernetz bilden.

Allen Autoren ist das merkwürdig hohe Proportionalgewicht des Herzens der Vögel aufgefallen. Sehr mannigfaltig sind die Erklärungen. Nach Tiedemann ist das hohe relative Gewicht auf den äußerst lebhaften Stoffwechsel zurückzuführen, den die relativ hohe Muskelarbeit durch den Flug der Vögel bedingt. Nach Loer (1911) ist das relative Herzgewicht des Vogels abhängig von der Art der Fortbewegung. Nach ihm ist die Herzgröße im Zusammenhang mit Flug-, Lauf- und Tonleistung. Die besten Flieger, die schnellsten Läufer, lautesten Sänger und Schreier haben die relativ größten Herzen. Das Geschlecht soll ohne wesentlichen Einfluß auf das Proportionalgewicht und die Größe sein, dagegen soll im Jugendstadium ein relativ größeres Gewicht bestehen als im Alter. Nach Kronecker (zit. nach Strohl) und nach Strohl (36) (1910) soll der herabgesetzte atmosphärische Druck Stauung des Blutes in den Lungenkapillaren hervorrufen, zu deren Überwindung notwendigerweise ein größerer Kraftaufwand des rechten Herzens gehört, und dadurch zur Erhöhung des Herzgewichtes beitragen. Grober (16) hält neben vermehrter Muskelarbeit die schnelle Vorwärtsbewegung als Ursache der bei Vögeln besonders dextroventrikulären Hypertrophie des Herzens.

Eingehende Messungen und Untersuchungen über da relative Gewicht des Vogel- und Säugerherzens machte Bergmann (1), Bollinger (3), Buchanan (4), Dürs (7), Gadow (15), Hesse (17), Kitt (20), Külbs (21,22) Schieffer (31) und Wagner (39). Sie geben folgend Verhältniszahlen an:

| | |
|---|---|
| Mensch | 0,38—0,58 % |
| Arbeitspferd | 0,5 % |
| Rennpferd | 1,1 % |
| Atmungstyp Rind | 0,7 % |
| Verdauungstyp Rind | 0,4 % |
| Schaf | 0,6 % |
| Schwein | 0,45 % |
| Reh | 1,1 % |
| Hund | 0,8—2,3 % |
| Kaninchen | 0,35 % |
| Feldhase | 1,2 % |
| Zahme Ente | 0,36 % |
| Wilde Ente | 1,06 % |
| Landhuhn | 1,42 % |
| Großrassiges Huhn | 0,9 % |
| Rebhuhn, Habicht, Adler, Möven, Krähen | 1,06 % |
| Storch, Reiher, Falke, Taube | 1,04 % |
| Buchfink, Hausschwalbe | 1,5 % |
| Alpschneehuhn | 1,6 % |
| Moorschneehuhn | 1,1 % |
| Star, Specht | 1,7 % |
| Singdrossel | 2,5 % |

Ein Überblick zeigt sofort, welch großer Unterschie auch innerhalb derselben Art besteht. Die Zahlen bewei sen auch, daß nicht nur Laufen, Schreien, Singen und Flie gen Ursache zu der bestehenden Herzhypertrophie sind sondern jegliche Leistung, sei es erhöhte Muskel- ode Drüsentätigkeit, oder Temperatureinflüsse, die einen grös seren Stoffwechsel hervorrufen. Die Vögel, die im Schlag flug die Luft durchfliegen, werden infolge der stärkere Beanspruchung der Muskeln ein höheres relatives Herzge wicht haben als solche, die es durch Schwebe-, Schwirr- Rüttel- oder Stoßflug tun.

Unter den Fischen ist es der dem Thunfisch nahe stehende Bonito, der das größte Herzverhältnis mit 1,9 Promille hat. Er gehört zu den gewaltigsten Schwimmer

die ohne oder mit unzureichender Schwimmblase Tag und Nacht in Bewegung sein müssen, um nicht unterzugehen; während die aalartigen Fische, bis auf den Kopf in Sand eingehüllt, auf wehrlose Beute lauern, ein Herzverhältnis von 0,15% haben. Unter den Amphibien ist es der Wasserfrosch, mit einem Herzverhältnis von 1,83%, und der Laubfrosch mit 6,52%. Die große Viskosität des Blutes kann das hohe Verhältnis allein nicht bedingen. Daß vermehrte Wärmeabgabe durch Steigerung des Stoffwechsels ebenfalls vergrößernd auf das Herz wirkt, zeigt, daß bei der gleichen Tierart, aber verschiedenem Klima, ein verschiedenes Herzverhältnis besteht. So hat der Feldsperling in Süddeutschland ein Herzverhältnis von 13,1%, bei 25,8 g Körpergewicht, der in Norddeutschland 14 Promille bei 24,8 g Körpergewicht.

Sehr wechselnd ist das Herzverhältnis auch beim Menschen, doch herrscht hier noch keine Einstimmigkeit, ob das Herz beim Mann oder beim Weibe schwerer ist.

Aus dem Erwähnten folgt, daß der Herzmuskel wie alle anderen Muskeln der funktionellen Anpassung unterliegt und auf erhöhte Beanspruchung durch Vergrößerung seiner Masse reagiert. (Hesse in Bethe's Handbuch der normalen und patholog. Physiologie).

## III. Die Elektrokardiographie des Vogelherzens.

Die Vögel werden als Versuchstiere weniger benützt als Hund, Kaninchen, Frosch, Maus und Meerschweinchen. So hat man auch zur Klärung des Elektrokardiogramms erst in letzter Reihe den Vogel genommen. Es mag schwierig sein, an das unter den blutreichen Brustmuskeln verborgene Herz heranzukommen und trotz der physiologischen Herz-Hochfrequenz, die seine Bewegung für uns weniger deutlich macht, die Tätigkeit zu beobachten. Andererseits sind besonders die Verhältnisse des Vogelherzens dazu angetan, zur Klärung gewisser Fragen am Säugerherzen beizutragen.

Über die Entstehung des Elektrokardiogramms gibt es drei verschiedene Ansichten. Die erste vertreten Selenin und Buchanan (32): Dass das Elektrokardiogramm das Resultat einer Interferenz der elektrischen Wellen sei, die von dem rechten und dem linken Herzen ausgehen. Eppinger und Rothberger (14) sind der Ansicht, daß das Elektrokardiogramm die algebraische Summe

der Kräfte darstellt, die im Triebwerkzeug und in den Längsfasern des Herzmuskels entwickelt werden; drittens die Ansicht Kahns (18), daß das Elektrokardiogramm der Ausdruck des Antagonismus zwischen Spitze und Basis ist.

Die Ansicht Selenins und Buchanans hat nach Einthofen den Vorteil, daß sie eine anatomische und eine physiologische Grundlage besitzt. Die beiden Schenkel des Hiss'schen Bündels arbeiten nicht immer gleich. Wenn der rechte seine Leitfähigkeit verloren hat, oder wenn ein Reiz autonom im linken Schenkel entsteht, zieht sich der linke Ventrikel früher zusammen als der rechte. Es kommen dann im Anfang der Systole die Folgen der Systole des linken Herzens allein zum Ausdruck. Diese so sich bildende Kurve wird von Levis (25) Lävogramm, und die Stromkurve der gesonderten Kontraktion des rechten Herzens Dextrogramm genannt. Ist ein Lävo- oder Dextrogramm durch eine Leitungsstörung bedingt, so wird es eine aberrierende Kontraktion genannt, ist es die Folge einer heterotropen Reizbildung, so haben wir es mit einer Extrasystole zu tun, die eine autonome Kontraktion darstellt. Mittels Durchschneidung einer der Schenkel des Hiss'schen Bündels sind solche atypische Kontraktionen von Rothberger und Winterberg und von Levis künstlich erzeugt worden.

Diese letztgenannte Ansicht vertrat auch Einthoven. In dem Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie bringt Einthoven (12) ein Elektrokardiogramm der Taube, das er als aberrierende Kontraktion bezeichnet, ohne die einzelnen Zacken des Vorhofs und der Kammerschwankung genauer anzugeben. Auch entspricht dieses Elektrokardiogramm nicht dem sonst gefundenen Typ des Vogelelektrokardiogramms.

Eingehendere Untersuchungen mit genauen Angaben veröffentlicht Buchanan (5). Die Autorin machte die ersten Versuche, den bioelektrischen Wechselstrom bei Vögeln zu registrieren. Zur Aufzeichnung benutzte Buchanan das Lippmann'sche Kapillarelektrometer. Zu Versuchen nahm die Autorin drei Hühner, drei Tauben, vier Spatzen, zwei Grünfinken und einen Stieglitz. Als Ableitungstsellen wählte sie Füße und Schnabel des Vogels. Die Füße wurden mit Bandagen, die in Kochsalzlösung angefeuchtet worden waren, umwickelt und zum Quecksilber des Elektrometers abgeleitet. Die zweite Elektrode bestand ebenfalls aus einem in Salzlösung getränkten Wattebausch, den der Vogel

selbst im Schnabel festhielt, und der mit der Säure des Elektrometers verbunden wurde. Die erhaltenen Elektrokardiogramme benützte die Autorin zur Bestimmung der Pulsfrequenz bei den einzelnen Vogelarten. Das Ergebnis der Untersuchungen war folgendes: Verschiedene Vögel haben verschieden hohe Pulsfrequenz und zwar je kleiner die Vogelart desto höher die Pulszahl, ausgenommen die Taube. Hier fand die Autorin eine Frequenz von 141—225, während die Pulszahl bei dem größeren Huhn auf 304—392 stieg. So glaubte Buchanan einen Unterschied zwischen guten und schlechten Fliegern gefunden zu haben. Die hierauf bezogene Untersuchung der Herzverhältnisse bei Taube und Huhn, zahmer und wilder Ente (s. S. 8) bestätigte obige Annahme.

Wenn die Elektrokardiogramme Buchanans an Genauigkeit zu wünschen übrig lassen, wie Kahn festgestellt, so fand die Autorin nach ihm doch die wesentlichsten Punkte heraus. So unterscheidet Buchanan eine Vorhofschwankung und eine Vor- und Nachschwankung der Kammer. An dem stark negativen Ausschlag der J-Zacke, die bei Säugetieren und Reptilien meist positiv ist, meint Buchanan den Typ des Vogel-Elektrokardiogramms gefunden zu haben. Zur Begründung der genannten Negativität führt die Autorin das Fehlen der Papillarmuskeln in der rechten Kammer des Vogelherzens und das hohe Herzverhältnis an. In genaueren Untersuchungen mit dem Saitengalvanometer (6) an wilder und zahmer Ente, Huhn und Taube, fand Buchanan, daß das Elektrokardiogramm der Taube und Wildente, im Gegensatz zu dem des Huhnes und der zahmen Ente, eine deutlich markierte F (T) Zacke aufweise, wie sie auch im Elektrokardiogramm der Säugetiere zu finden ist.

Elektrokardiographische Aufnahmen an Hühnerembryonen machten Wertheim-Salomonson (40). Sie verfolgten die ontogenetische Entwicklung des Elektrokardiogramms bei Hühnerembryonen und brachten sie in Beziehung mit der fortschreitenden Differenzierung des Herzens. Auch in diesen Elektrokardiogrammen erscheint die J-Zacke negativ.

Ähnliche Untersuchungen machten Külbs und Spadolini und Giorgio (33). Die letzteren Autoren machten auch Aufnahmen vom isolierten Hühnerherzen (Elektrogramm), die fälschlich Elektrokardiogramm genannt werden (34).

Die genauesten Elektrokardiogramme registrierte Kahn (18). Zu seinen Aufnahmen benützte er 25 Tauben, 3 Hühner und eine Gans. Als Messinstrument benutzte er das Saitengalvanometer. Zu Ableitungsstellen wählte er als erster solche, deren Verbindungslinie etwa den anatomischen Herzachsenverlauf darstellt. So nahm er zur Ableitung des Basispotentials die Haut des Nackens knapp unter den beiden Enden der furcula, zur Ableitung des Spitzenpotentials die Stelle knapp unterhalb des unteren Brustbeinrandes.

Kahn unterscheidet am Vogelelektrokardiogramm ebenfalls eine Vorhofzacke, die ausnahmslos einphasisch ist und positiv verläuft, eine J-Zacke, die ausnahmslos einphasisch und negativ ist und eine F-Zacke, die steil ansteigend und positiv ist. Auch er hält für das Vogelelektrokardiogramm typisch die negative J-Zacke, stellt sie aber nicht als einzigartig hin wie Buchanan, sondern weist auf das Elektrokardiogramm des Pferdes, wo die J-Zacke ebenfalls negativ ist. Das Elektrokardiogramm des Huhnes erklärt er für identisch mit dem der Taube, weist aber auf die Schwierigkeiten hin, auf die man beim Erklären der Zakken trifft bei der physiologischen Hochfrequenz. Die unter gleichen Umständen abgeleiteten Potentialdifferenzen vom Körper des Huhnes findet er in verschiedenen Teilen des Elektrokardiogramms weitaus kleiner als bei Tauben. Als Ursache führte der Autor die verschiedenen Herzverhältnisse an; worin nach ihm das Säugetierelektrokardiogramm mit dem Vogelelektrokardiogramm übereinstimmt, ist die J-Zacke als Ausdruck des Umstandes, daß sich bei Beginn der Kammertätigkeit die Herzspitze zinkartig gegen die Basis verhält.

Im Hühnerelektrokardiogramm fand Kahn eine niedrige A- und eine breite niedrige F-Zacke, die kleine A-Zacke, der F-Zacke knapp hinter deren Gipfel superponiert.

Genaue Untersuchungen besonders mit Rücksicht auf den Erregungsverlauf machten Mangold und Kato (26). Als Ursprung der automatischen Reizbildung fanden die genannten Autoren „eine, dem Sinusknoten des Säugerherzens entsprechende Stelle an der Einmündung der großen Venen der rechten Vorhofswand." Der Beginn des Verlaufs der Erregungsbahnen im rechten und linken Ventrikel konnte an dem in situ schlagenden Herzen mit Hilfe elektrokardiographischer Registrierung, der Wirkung von intrakardialen Durchschneidungen in verschiedener Höhe und von Umstechungen in der Atrioventrikular-

grenze festgestellt werden. Nach ihnen gehen die Erregungsbündel von der oben genannten Stelle aus, sammeln sich in der Höhe der Atrioventrikulargrenze zu einem Bündel, dessen Hauptschenkel im rechten Ventrikel am Septum hinabläuft, während ein zweiter nach links perforiert und auf die innere Wand des linken Ventrikels übergeht, um Beziehung zu den gut ausgebildeten Papillarmuskeln zu nehmen, während der rechte am Septum hinabläuft, auf die Wand des rechten Ventrikels übergeht, allerdings erst ziemlich tief. Die Erregungsleitung geht also: Vom Vorhof zur Muskelplatte, von da in den spitzen Teil der rechten Kammermuskulatur und dann zum Basisteil des rechten Ventrikels, während er im linken von der Basis zur Spitze zu geleitet wird. „Die zeitliche Aufeinanderfolge des Erregungsverlaufs ist folgende: Rechter Teil des rechten Atriums, linker Teil des rechten Atriums, linkes Atrium, rechte Ventrikelspitze, linke Ventrikelbasis, rechte Ventrikelbasis, linke Ventrikelspitze. Während sich die Erregung im linken Ventrikel zuerst im Basisteil, dann erst im Spitzenteil ausbreitet, äußert sie sich im rechten Ventrikel umgekehrt." Daraus erklärt Mangold die Negativität der J-Zacke im Vogelelektrokardiogramm und schließt, daß die Papillarmuskeln den Erregungsverlauf hemmen, während ihr Fehlen den Verlauf in der Septumwand begünstigt.

Indirekte Ableitungen machten Mangold und Kato bei Hühnern, Tauben, Enten und Sperbern. Die Ableitung erfolgte von Schnabel und Kloake, Schnabel und rechtem oder linkem Bein, auch die gerupfte Brusthaut, Kamm und Beine wurden zu Ableitungsstellen benutzt, ohne daß sich wesentliche Unterschiede in der Form des Elektrokardiogramms ergeben hätten. Bloß A und F wechselten in ihrer Größe. F war immer da und aufwärts gerichtet, auch bei Huhn und zahmer Ente. Im allgemeinen bestätigt Mangold den von Kahn gefundenen Typ des Vogelelektrokardiogramms. J war immer negativ, A deutlich oder weniger deutlich, oft aus der F-Zacke, mit der sie besonders bei hoher Frequenz zusammenfällt, schwer zu unterscheiden. Als wesentlichen Unterschied zwischen Vogel- und Säugetierelektrokardiogramm nennt Mangold den, daß beim Vogelelektrokardiogramm eine von Kahn erwähnt, kleine, aufwärts gerichtete Zacke, die der abwärtsgerichteten vorausgeht, so gut wie ausnahmslos fehlt, sodaß das Vogel-

elektrokardiogramm durch die rein abwärtsgerichtete J-Zacke eine besondere Stelle einnimmt.

Wie schon erwähnt, stellt Kahn die Negativität der J-Zacke nicht einzigartig hin. Man findet sie auch beim Pferd. Einthoven fand im Elektrokardiogramm des Menschen eine negative J-Zacke und führt sie auf eine Hypertrophie des linken Herzens zurück. Boden und Neukirch (2) machten eingehende Versuche am Hund und fanden, daß eine Drehung des Herzens um $60^0$, das ist so weit, daß der rechte Ventrikel um $60^0$ weiter nach vorn und ventral gerichtet ist, ebenfalls Umkehr der J-Zacke nach abwärts hervorruft, während sie normaler Weise beim Hund positiv ist. Dasselbe Ergebnis fanden beide auch nach Abtragung der Papillarmuskeln am rechten Ventrikel des Kaninchenherzens, wobei anscheinend der linke Ventrikel allein schlug.

Über die erwähnten Aufnahmen kann unter dem Gesichtspunkt der klinischen Auswertung zusammenfassend folgendes gesagt werden: An Messinstrumenten wurden das Lippmann'sche Kapillarelektrometer, das Saiten- und Spulengalvanometer benutzt, als Elektroden meist in Kochsalzlösung getauchte Wattebäusche und Bandagen verwandt. Die Vögel wurden meist gefesselt oder narkotisiert. Zu Ableitungsstellen wählten Buchanan und Mangold Schnabel, Kamm, Brust, Kloake und Füsse. Kahn richtete sich bei der Wahl der Stellen nach dem Verlauf der anatomischen Herzachse. Über die Form des Elektrokardiogramms sind die Autoren meist derselben Ansicht: Die J-Zacke ein starker Negativer Ausschlag, der nach Buchanan, Mangold und Kahn typisch für das Vogelelektrokardiogramm ist. Die A-Zacke finden alle drei Autoren positiv und einphasisch, die F-Zacke fand Buchanan bei Huhn und zahmer Ente nicht. Kahn und Mangold bewiesen das Vorhandensein der genannten Zacke auch bei diesen beiden Vögeln. Im Elektrokardiogramm des Huhnes fand Kahn eine niedrige A-Zacke und eine niedrige und breite F-Zacke.

## Eigene Versuche.

Zu meinen Versuchen gebrauchte ich den Elektrokardiographen von Siemens & Halske, den Nörr in seiner Arbeit (27) eingehender beschrieben und auch abgebildet hat. Als Elektroden benützte ich Stahlnadeln, wie sie Lautenschlager beim Pferd verwendet hat. Aufnah-

men machte ich an 20 Tauben und 20 Hühnern. Es war nicht nötg, die Tiere zu fesseln oder zu narkotisieren. Bei den Hühnern reichte die Hypnose Dexler (8), um sie ruhig sitzend zu halten. Dies wird erreicht, indem man dem Huhn mit einer Feder 3—4 mal in der Richtung des Kammes über den Kopf streicht und die Feder dann in derselben Richtung vor dem Schnabel liegen läßt. Dasselbe erreicht man durch einen Kreidestrich, den man ebenfalls in der Richtung des Kammes oder auch quer dazu zieht, den Kopf leicht darauf drückt, daß das Huhn gezwungen ist, den Strich anzusehen. Auf diese Art gelingt es, jedes Huhn während der Aufnahme ruhig zu halten. Steht der Registrierapparat so, daß man ihn bedienen kann, ohne die Aufmerksamkeit des Huhnes abzulenken, so gelingt es ohne Hilfspersonal, die Elektrokardiogramme zu registrieren. Schwieriger ist es bei den Tauben. Sie sind zu aufmerksam und zu erregt und lassen sich nur schwer hypnotisieren. Hier versuchte ich die Tiere zwischen den Händen sitzend oder stehend zu halten, was oft gelang, oder ich faßte unter dem Schwanz Flügel und Füsse zusammen, nachdem die Elektroden an den gewünschten Stellen festsaßen. Eine Änderung im Elektrokardiogramm trat dabei nie auf.

Bei der Wahl der Ableitungsstellen untersuchte ich zuerst die Angaben Kahns und konnte dieselben vollständig bestätigen, wenn sich auch die erhaltenen Elektrokardiogramme von denen Kahns unterscheiden, was wohl auf die anderen Elektroden, möglicherweise auch auf das andere Meßinstrument zurückzuführen ist. Zur Ableitung des Basispotentials wählte ich die Hautstelle am Gabelknochen, zu der des Spitzenpotentials das Ende des Brustbeins. Es ist gleichgültig, ob man die Stelle am rechten oder linken Gabelknochen, rechte oder linke Seite am Brustbeinende wählt. Jedesmal sind die erhaltenen Elektrokardiogramme vollständig gleich. Für das Huhn gelten dieselben Punkte als beste Ableitungsstellen. Da aber hier der Brustbeinkamm in seiner Breite verschieden stark ausgebildet ist, empfiehlt es sich, die Elektrode bei Hühnern mit großem Brustbeinkamm nicht am tiefsten Punkt des Kammes, sondern am Ansatz des letzteren am Brustbein anzusetzen, d. h. man setze am Brustbeinrand an, nicht an dem des Brustbeinkammes.

Alle Versuche am Hals oder Nacken, oder an der Wirbelsäule einen Punkt zu finden, der sich zur Ableitung

des Basispotentials besser eignet, ergaben, daß alle Stellen der Vorderbrust gleichgute Kurven erzielen lassen. Dagegen ist es unbedingt erforderlich zur Ableitung des Spitzenpotentials das Brustbeinende zu nehmen, da ein Verschieben nach vorne kleinere Potentialdifferenzen ergibt. Alle übrigen Ableitungen sind unbrauchbar und geben keine einheitlichen Bilder. Beim Einstechen der Nadel am Gabelknochen muß darauf geachtet werden, daß dieselbe tatsächlich subcutan sitzt, auch darf die Spitze der Nadel die Haut nicht durchstechen. Leichter gelingt es, die Elektrode am Brustbeinrande anzusetzen. Vorteilhafter ist es, wenn die Nadel hier intramuskulär sitzt, denn dadurch ist der Kontakt mit dem umliegenden Gewebe ein besserer.

Sticht man eine Sonde so durch den Vogelkörper, daß sie die beiden Ableitungsstellen verbindet, so kann man feststellen, daß die Sonde etwa den Verlauf der anatomischen Herzachse hat, d. h. die besten Ableitungsstellen sind dort, wo die anatomische Herzachse in ihrer Verlängerung ungefähr die Körperoberfläche schneidet (Abb. 37 und 38).

Auf diese Art der Ableitung und Registrierung erhielt ich von Taube und Huhn Elektrokardiogramme mit großen Potentialdifferenzen und guten Einzelheiten. Wie schon Seite 6 erwähnt, ist die Höhe der Pulsfrequenz auf die Form des Elektrokardiogramms von großem Einfluß. Diese Annahme bestätigt das Vogelelektrokardiogramm des Huhnes. Dagegen hatten manche Tauben sehr niedere Pulszahlen, sodaß die Einzelheiten des Taubenelektrokardiogramms am leichtesten mit dem des Menschen und der Säugetiere verglichen werden können. Erst in zweiter Reihe soll daher die Erläuterung des Hühnerelektrokardiogramms folgen.

### Das Taubenelektrokardiogramm.

Im wesentlichen ist das Taubenelektrokardiogramm dem des Menschen und der Säugetiere gleich. Es besteht nämlich ebenso aus den Hauptzacken A, J und F. Diese drei Zacken kommen im Taubenelektrokardiogramm ausnahmlos vor und sind in ihrer Größe und Form, mit wenigen Ausnahmen, von gleichem Aussehen. Was nach meinen Versuchen das Tauben- überhaupt das Vogelelektrokardiogramm von dem der Säugetiere unterscheidet, ist eine ausschließlich vorhandene, unmittelbar aus der J-Zacke hervorgehende F-Zacke.

Die Vorhofzacke A ist eine ausnahmslos positive Schwankung und unter den vorhandenen Zacken die kleinste. Auch ist sie mit seltenen Ausnahmen einphasisch. (Abb. 1) Der zeitliche Ablauf der Vorhofzacke berechnet sich nach meinen Versuchen mit 0,03—0,06 Sekunden. Die mittlere Ablaufzeit beträgt 0,043 Sekunden. Kahn fand für den Abstand A—J (P—S) 0,04—0,07 Sekunden. Bei niederer Pulszahl folgt auf die A-Schwankung gewöhnlich noch eine kleine positive Ja-Zacke. (Abb. 2) Bei einer Frequenz von 200 pro Minute verschwindet Ja, und der absteigende Schenkel der Vorhofzacke geht in den der J-Zacke über. (Abb. 3)

Eine Ja-Zacke ist, wie schon erwähnt, nur bei niederer Pulszahl vorhanden; etwa bei einer solchen von 140 pro Minute. Bei einer Frequenz von 200 pro Minute fehlt Ja. Es kommt natürlich auch vor, daß bei einer Pulszahl von 240 Ja vorhanden ist, oder daß sie bei 160 oder 180 schon verschwunden ist, wie es die Abbildungen 4 und 5 bestätigen. Daraus geht hervor, daß im Taubenelektrokardiogramm nach meinen Versuchen, erst bei einer Frequenz von über 200 der Kammerkomplex unmittelbar auf die Vorhofschwankung folgt. Der zeitliche Ablauf der Ja-Zacke berechnet sich nach meinen Versuchen mit 0,01 bis 0,02 Sekunden. Ihre mittlere Ablaufzeit beträgt 0,015 und ist bei hoher Frequenz, wo Ja fehlt, gleich Null. Daraus folgt, daß es im Taubenelektrokardiogramm den Abstand A bis J bei hoher Pulszahl nicht gibt.

Die J-Zacke als erste Schwankung des Kammerelektrokardiogramms ist von allen Autoren infolge ihrer starken Negativität als charakteristisch für das Vogelelektrokardiogramm angesprochen worden. Nach meinen Versuchen kann ich ebenfalls bestätigen, daß die J-Zacke ausnahmslos negativ verläuft. Diese Negativität der J-Zacke ist aber bei den großen Haustieren, Pferd und Rind, ebenfalls vorhanden. So steht, wie auch schon Kahn erwähnte, das Vogelelektrokardiogramm mit seiner negativen J-Zacke nicht einzigartig da. Ihre Negativität ist auch nicht mehr so stark, um sie ohne Schwierigkeiten von dem Elektrokardiogramm des Pferdes oder Rindes unterscheiden zu können, vorausgesetzt, daß sie das einzige Kennzeichen des Vogelelektrokardiogrammes ist. Was ich an der J-Zacke für das Vogelelektrokardiogramm typisch fand, ist ihre geringe Breite, d. h. der geringe Abstand ihrer beiden Schenkel in der Abszisse. Ihren zeitlichen Ablauf gibt Buchanan mit 0,1 Sekunden an.

Kahn fand, daß der zeitliche Ablauf von ihm 0,02—0,03 Sekunden beträgt. Aus meinen Versuchen konnte ich denselben mit 0,02—0,04 Sekunden feststellen. Die mittlere Ablaufzeit der J-Zacke beträgt 0,024. Daß die J-Zacke in ihrer Negativität nicht immer gleich stark ist, beweisen die Abbildungen 6 und 7.

Was das Huhn- und Taubenelektrokardiogramm am treffendsten kennzeichnet, ist die nun folgende F-Zacke. Sie ist bei Taube und Huhn immer vorhanden, geht aus dem aufsteigenden Schenkel der J-Zacke unmittelbar hervor und führt diesen gewöhnlich in mindestens derselben Stärke, wie die Negativität von J ist, ins Positive über die Abszisse. Nach einem weniger spitzen Winkel als der der J-Zacke, fällt der zweite Schenkel von F bis zur Abszisse und bildet mit dem folgenden Teil noch eine letzte kleine Zacke. Der Typus des Taubenelektrokardiogramms ist also eine negative J-Zacke, deren aufsteigender Schenkel unmittelbar in einen mindest gleichgroßen Schenkel der F-Zacke übergeht. Der absteigende Schenkel von F endet mit einer kleinen negativen Zacke auf der Abszisse. In etwa 0,1 Sekunden laufen am Taubenherzen die zwei größten Potentialdifferenzen unmittelbar aufeinanderfolgend ab. Das Verhältnis der J-Zacke zur F-Schwankung ist wie die Abbildungen 8 und 9 zeigen, sehr wechselnd. Es kommt oft vor, besonders im Elektrokardiogramm des Huhnes, daß die Positivität von F größer ist als die Negativität von J. Was die F-Zacke weiterhin von der J-Schwankung unterscheidet, ist der größere Abstand ihrer beiden Schenkel in der Abszisse. Während die J-Zacke in einer mittleren Zeit von 0,02 Sekunden abläuft, hat F im Taubenelektrokardiogramm eine solche von 0,08 Sekunden. Würden die Versuche der übrigen Autoren nicht dagegen sprechen, so könnte man auch daran denken, daß F die J-Schwankung und J eine Ja-Zacke sei. Den zeitlichen Ablauf von F fand ich zwischen 0,08 – 0,145. Den Abstand J bis F gibt es im Taubenelektrokardiogramm nicht.

Der zeitliche Ablauf der Herzphase A bis F dauert bei der Frequenz von 160 pro Minute 0,14 – 0,24 Sekunden. Er ist kleiner bei höherer Pulszahl und dadurch großen Schwankungen ausgesetzt.

Im Anschluß an die F-Zacke folgt im Taubenelektrokardiogramm bei niederer Pulszahl die Herzpause, deren Ablaufzeit sich bei entsprechend erhöhter Frequenz von 0,38 auf 0 verkürzt. Bei einer Frequenz von 280—300

besteht die Herzpause aus 2—3 kleinen Zacken, die bei einer gesteigerten Pulszahl auch verschwinden, so daß bei einer Pulszahl von 400 pro Minute eine Herzpause nicht mehr angedeutet ist, und auf den Ablauf der F-Zacke sofort die A-Schwankung folgt. (Abb. 10—16)

Zeitlicher Ablauf bei einer Minutenschlagzahl von 160—400.

| | A | Ja | J | F | F—A |
|---|---|---|---|---|---|
| Zeit in Sekunden | 0,06 0,03 | 0,02 6 | 0,04 0,02 | 0,145-0,08 | 0,38 0 |

## Das Elektrokardiogramm des Huhnes.

Bedeutend schwerer als bei dem Elektrokardiogramm der Taube fällt es bei dem des Huhnes, die einzelnen Phasen festzustellen. Diese Schwierigkeit war bei der hohen Minutenschlagzahl des Huhnes zu erwarten, denn während ich bei den Tauben eine Pulszahl von 120—400 fand, schwankt die der Hühner zwischen 260 und 440. Wenn auch die Schlagzahl der Tauben fast um 300 Pulse schwankt, dagegen die der Hühner um knapp 200, liegt doch die durchschnittliche Schlagzahl etwa zwischen 180—290. Von den untersuchten Tauben hatten nur 2 eine Pulszahl über 300 und 3 eine solche unter 180. Dagegen fand ich unter den Hühnern eine mit dem Minutenschlag 260, 13 hatten einen solchen über 300 und 4 von ihnen einen über 400. Aus dem Versuch läßt sich schließen, daß die durchschnittliche Schlagzahl bei dem Huhn etwa um 100 Pulse pro Minute höher ist als bei der Taube. Da im Taubenelektrokardiogramm trotz den größeren Potentialdifferenzen, bei einer Minutenschlagzahl von 300 eine Herzpause nur schwach angedeutet vorkommt, ist sie beim Huhn sehr selten, ja überhaupt nicht zu sehen. Will man daher die Elektrokardiogramme von Huhn und Taube miteinander vergleichen, so nimmt man von der Taube am vorteilhaftesten ein solches mit der Minutenschlagzahl über 300.

Wie auch K a h n schon erwähnte, sind die Potentialdifferenzen im Elektrokardiogramm des Huhnes trotz gleicher Ableitung und Aufzeichnung im Durchschnitt kleiner als das Taubenelektrokardiogramm. Dieser Unterschied ist warscheinlich auf das kleinere Herzverhältnis des Huhnes

zu dem der Taube zurückzuführen und auf den Weg, den die Kontraktionswellen durch den Körper des größeren Huhnes nehmen müssen.

Die drei Hauptzacken A, J und F des Säugetierelektrokardiogramms sind auch in dem des Huhnes und der Taube vorhanden. Die F-Zacke ist im Elektrokardiogramm immer enthalten und geht unmittelbar aus dem aufsteigenden Schenkel der Initialkammerschwankung hervor.

Die Vorhofschwankung erhielt ich im Elektrokardiogramm des Huhnes am besten bei einer Minutenschlagzahl von 320 (Abb. 17—20). Sie ist ausnahmslos zu finden, ist immer einphasich und die kleinste von den drei Hauptzakken. Der absteigende Schenkel von der A-Schwankung geht unmittelbar und ausnahmslos in den der Initialkammerschwankung über. Die Vorhofschwankung ist im Hühnerelektrokardiogramm bei den vielen individuellen Verschiedenheiten und der sehr wechselnden Pulszahl großen Schwankungen ausgesetzt. Bei einer Minutenschlagzahl von 240 und 380 ist sie oft nicht mehr vorhanden (Abb. 21 u. 22), dagegen fand ich sie bei einer Pulszahl von 420 noch angedeutet (Abb. 23). Der zeitliche Ablauf der Vorhofschwankung berechnet sich mit 0,025—0. Eine Ja gibt es im Elektrokardiogramm des Huhnes nicht, ebensowenig den Abstand zwischen A und J.

Auf die A-Zacke folgt die Initialkammerschwankung, die sich im Elektrokardiogramm des Huhnes ähnlich verhält wie in dem der Taube. Die Größe der J-Zacke schwankt beim Huhn viel stärker als bei der Taube. Sie verläuft ausnahmslos negativ. Der zeitliche Ablauf beträgt 0,04—0,02; stimmt also mit dem im Taubenelektrokardiogramm vollkommen überein.

Die folgende Finalkammerschwankung ist noch vielmehr Änderungen in Form und Größe ausgesetzt wie die Initialkammerschwankung. Sie entsteht wie im Taubenelektrokardiogramm unmittelbar aus dem aufsteigenden Schenkel der J-Zacke. Ihre Positivität ist bedeutend größer als die Negativität von J. Es kommt oft vor, daß der absteigende Schenkel entweder weit über der Abszisse oder erst darunter endigt, im Gegegensatz zu dem der Taube, wo sie fast regelmäßig bis zur Abszisse verläuft. Der zeitliche Ablauf der Finalkammerschwankung beträgt 0,125—0,085 Sekunden. Fast ausnahmslos folgt auf die F-Zacke die Vorhofschwankung.

Bei kleiner Minutenschlagzahl besteht ein Abstand zwischen Finalkammerschwankung und Vorhofzacke mit dem zeitlichen Ablauf von 0,04 Sekunden. Bei höherer Pulszahl geht dieser Abstand in den absteigenden Schenkel der F-Schwankung über. In diesem Fall ist auch der Winkel von F nicht so zugespitzt wie vorher, und man sieht oft an einem der Schenkel oder am Gipfel kleinere Nebenzacken (Abb. 24—27).

Als Typus des Hühnerelektrokardiogramms kann man die Abbildungen 28 und 29 annehmen, während die Elektrokardiogramme 30—36 Unregelmäßigkeiten enthalten.

Der zeitliche Ablauf beträgt im Hühnerelektrokardiogramm bei einer Minutenschlagzahl von 260—400

| | A | J | F | F—A |
|---|---|---|---|---|
| Zeit in Sekunden | 0,02—0 | 0,04—0,02 | 0,125—0,08 | 0,04—0 |

## Zusammenfassung und Ergebnisse.

Die Untersuchungen wurden an 20 Tauben und 20 Hühnern in 200 Versuchen durchgeführt.

1. Erstmalig wurden Nadelelektroden zur Ableitung des Elektrokardiogramms von Huhn und Taube angewandt. Die Ergebnisse zeigten, daß sich die Nadelelektroden für veterinärklinische Zwecke zu Herzstromaufnahmen an diesen Tieren am besten eignen.

2. Durch hypnotische Beeinflussung gelingt es bei Hühnern leicht, bei Tauben schwerer, an den so beruhigten Tieren gute Aufnahmen zu erzielen, sogar ohne sie für diese festhalten zu müssen.

3. Die zur Ableitung des Herzspitzenpotentials am besten geeignete Ableitungsstelle liegt beim Huhn am Rand des Brustbeins, nicht des Brustbeinkammes.

4. Wegen besseren Kontaktes ist es vorteilhaft, die Nadelelektrode zur Ableitung des Herzspitzenpotentials nicht subcutan, wie bei den übrigen Haustieren, sondern intramuskulär einzusetzen.

Es wurden erstmalig zur Ermittelung günstiger Ableitungsorte Versuche über den Verlauf der anatomischen Herzachse bei Taube und Huhn gemacht; wie die Abbil-

dungen 37 und 38 zeigen, schneidet die anatomische Herzachse die Körperoberfläche annähernd an den als beste Ableitungsstellen gefundenen Punkten.

5. Der das Spitzenpotential ableitende Punkt liegt bei dem Huhn am Ende des medianen Brustbeinastes, bei der Taube am Ende des Brustbeines. Bei beiden Tieren links oder rechts vom Brustbeinkamm.

6. Der das Basispotential ableitende Punkt liegt bei der Taube und dem Huhn etwa fingerbreit medial von der Stelle, wo das rechte und linke Schlüsselbein (Clavicula) mit dem Schulterblatte gelenkt ist.

7. Die Minutenschlagzahl schwankt nach meinen Versuchen bei den Tauben zwischen 140—400, bei den Hühnern zwischen 260—440.

8. Im Elektrokardiogramm bei Hühnern und Tauben geht der Kammerinitialschwankung bei niederer Pulszahl eine kleine positive Ja-Schwankung voraus. Etwa bei einer Minutenschlagzahl von 200 folgt im Taubenelektrokardiogramm auf die Vorhofschwankung unmittelbar die Initialkammerschwankung. Bei dem Huhn ist letzteres immer der Fall.

9. Im Tauben- und Hühnerelektrokardiogramm geht die Finalschwankung unmittelbar aus der Initialkammerschwankung hervor.

10. Als Ablaufzeit für die einzelnen Schwankungen konnte ermittelt werden:

Bei Tauben.

| Zeit in Sekunden | A | Ja | J | F | F—A |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,043 | 0,015—0 | 0,024 | 0,08 | 0,38—0 |

Bei Hühnern.

| Zeit in Sekunden | A | | J | F | F—A |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,02—0 | | 0,024 | 0,125 | 0,04—0 |

An dieser Stelle möchte ich dem Direktor der Medizinischen Veterinärklinik, Herrn Professor Dr. Nörr, für die Überlassung des Themas und für die stets bereitwillige Unterstützung meiner Arbeit durch Rat und Tat nochmals meinen herzlichsten Dank aussprechen.

# Schrifttum.


1. Bergmann: Die Größe des Herzens bei Mensch und Tieren. Diss. München 1884.
2. Boden u. Neukirch: Elektrokardiographische Studien am isolierten Säugetier- und Menschenherzen. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 171.
3. Bollinger, O.: Über idiophatische Herzvergrößerung. München 1893.
4. Buchanan, F.: zitiert nach Kahn Pflüg. Arch. f. d. ges. Psysiologie 162.
5. Dieselbe: Journ. of Physiol. Vol. 38.
6. Dieselbe: Journ. of Physiol. Vol. 47.
7. Dürst, H.: Beurteilung des Rindes. Tierheilhunde u. Tierzucht von Stang-Wirth, II. S. 285.
8. Dexler, H.: Hypnose der Tiere. Ebenda V, S. 550.
9. Einthoven: Zur Theorie des Kapillarelektrometers. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 79.
10. Derselbe: Die Konstruktion des Saitengalvanometers. Ebenda 99.
11. Derselbe: Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 60.
12. Derselbe: Die Elektrokardiographie. Handb. d. norm. u. path. Physiol. Bd. 8, 2. Teil.
13. Derselbe: Le télékardiogramme. Arch. internat. de Physiologie 4.
14. Eppinger, H. u. Rothberger, C.: Die Analyse des Elektrokardiogramms. Wien. klin. Wochenschr. Jg. 22, Nr. 31.
15. Gadow, Fr.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Herzens bei Vögeln und Reptilien. Arch. f. Naturgesch. Berlin 1888, 54 Jg. Band 1.
16. Grober, J.: Über Maßenverhältnisse an Vogelherzen, Pflüg. Arch. 125.
17. Hesse: Gewicht- und Größenverhältnisse des Herzens. Handb. d. norm. u. path. Physiol. Bd. 7. 1. Teil.
18. Kahn, R.: Das Vogelelektrokardiogramm. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 162.
19. Kern, A.: Das Vogelherz. Diss. Zürich 1926.
20. Kitt: zitiert nach Hesse.
21. Külbs, W.: Vergleichende Anatomie u. Histologie des Hiss'schen Bündels. Zentralbl. f. Physiol. 26.
22. Derselbe: Über das Reizleitungssystem bei Amphibien, Reptilien und Vögeln. Ztschr. f. exper. Path. u. Ther. 1912, Bd. 11.
23. Kraus, Nikolai: Prinzipielles und Experimentelles über das Elektrokardiogramm. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiologie 155.
24. Lautenschlager, O.: Grundlagen der Aufnahmetechnik des Elektrokardiogramms von Pferd und Rind und ihre Ergebnisse. Diss. Giessen 1928.
25. Levis: Seventh mellon Lecture delievered in Pittsburg, may 1922.

26. Mangold u. Kato: Elektrokardiographische Untersuchungen über den Erregungsverlauf am Vogelherzen Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 175.
27. Nörr, J.: Über Herzstromkurvenaufnahmen an Haustieren. Arch. f. wiss. u. prakt. Tierheilkunde 48.
28. Derselbe: Das Elektrokardiogramm des Pferdes. Seine Aufnahme und Form. Ztschr. f. Biologie 1913, 61.
29. Obermeier: zitiert nach Külbs.
30. Parot, C.: Größenverhältnisse des Herzens bei Vögeln. Zool. Jahrb. 1893.
31. Schieffer, K.: Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 92.
32. Selenin u. Buchanan: Journ. of Physiol. Bd. 38.
33. Spadolini et Giorgio: Archivio di Physiologie, Florenz, Band 19, Heft 6.
34. Dieselben: Ebenda. Bd. 10, Heft 6.
35. Steinhausen, W.: Derzeitiger Stand der Elektrophysiologie. Verlag Thieme, Leipzig, 1928.
36. Strohel, J.: Über Herzverhältnisse bei nächstverwandten Vogelarten. Zentralbl. für Physiol. Bd. 24.
37. Straub: Über einen vereinfachten Weg der Ableitung von Elektrokardiogrammen. Klin. Wochenschr. I, 1922.
38. Tiedemann, F.: Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. Heidelberg 1810, Band II.
39. Wagner, P.: Anatomische Studien am Vogelkörper. Die Natur 1898, Bd. 47.
40. Wertheim u. Salomonson: Elektrokardiographische Untersuchungen an Säugetierembryonen. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 133.

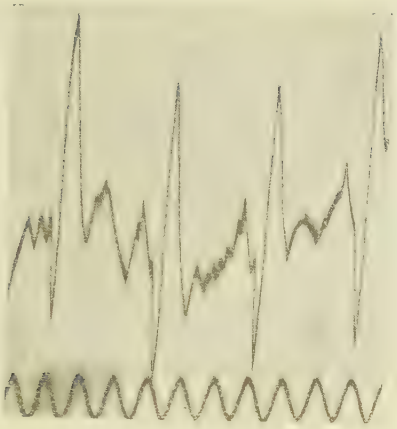


Abb. 1

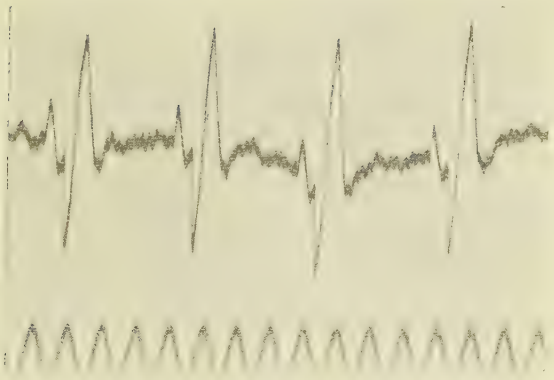


Abb. 2

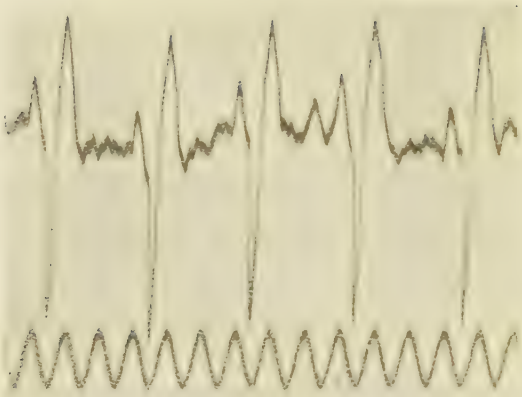


Abb. 3

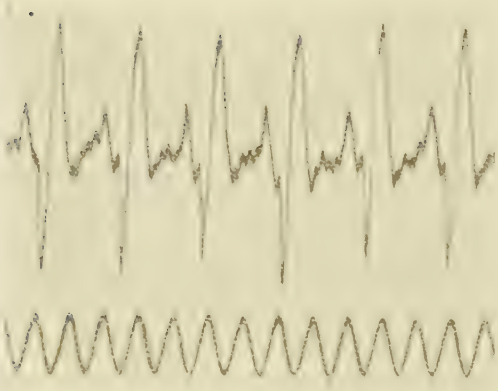


Abb. 4

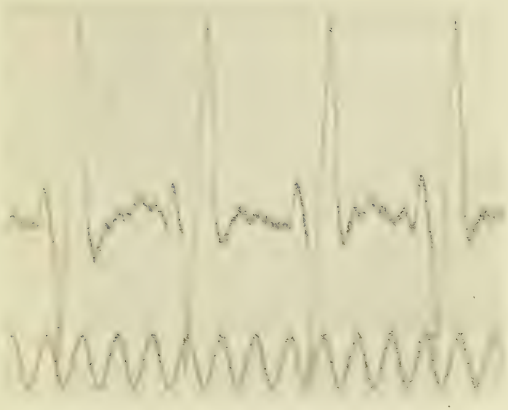


Abb. 5

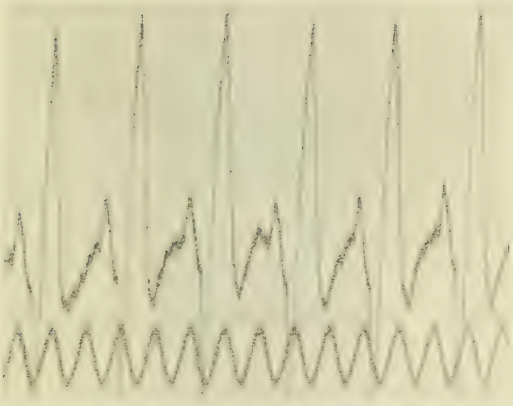


Abb. 6

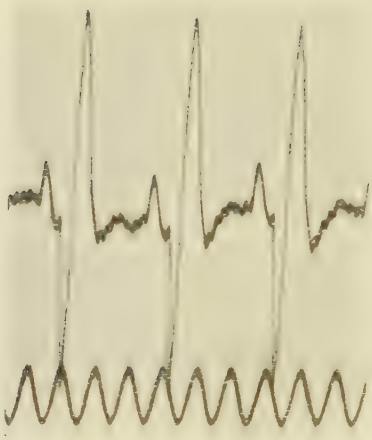


Abb. 7

Abb. 8

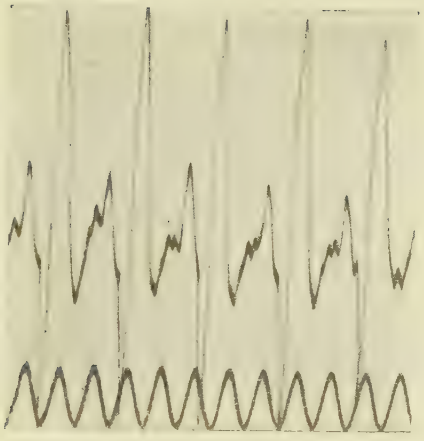


Abb. 9

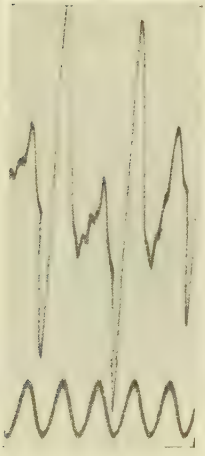


Abb. 10

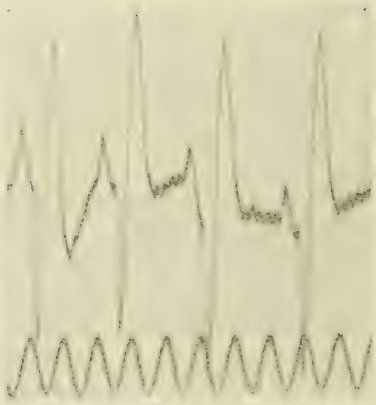


Abb. 11

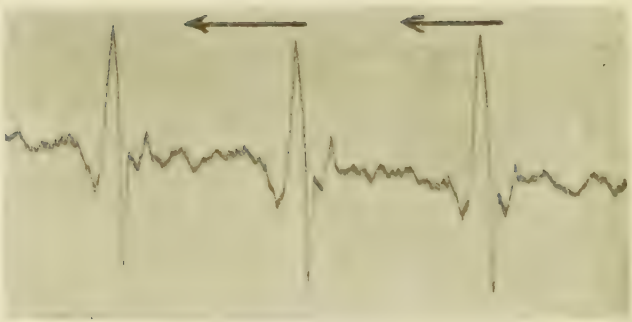


Abb. 12

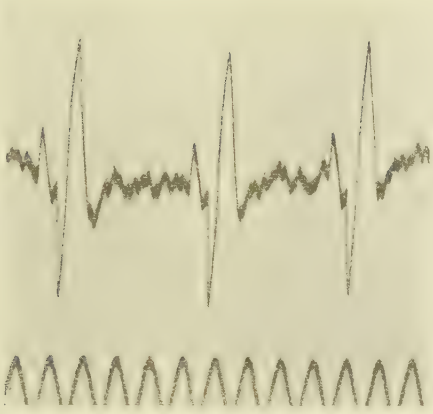


Abb. 13

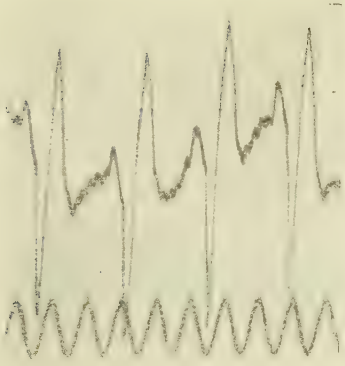


Abb. 14

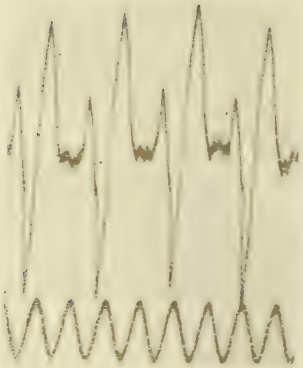


Abb. 15

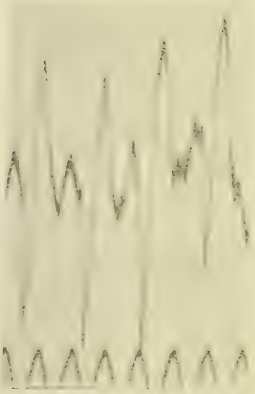


Abb. 16

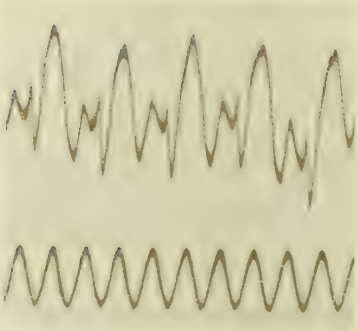


Abb. 17

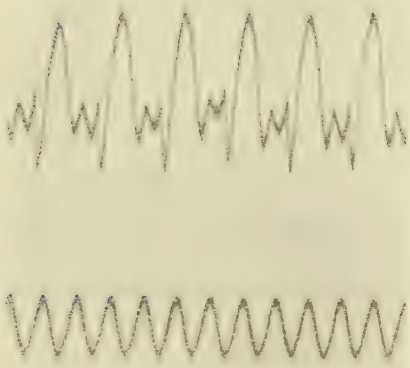


Abb. 18

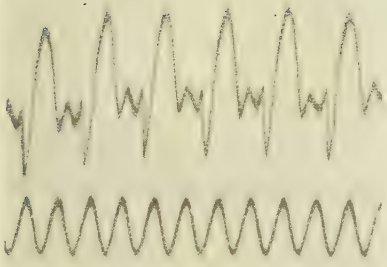


Abb. 19

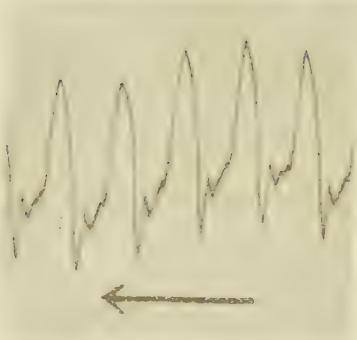


Abb. 20

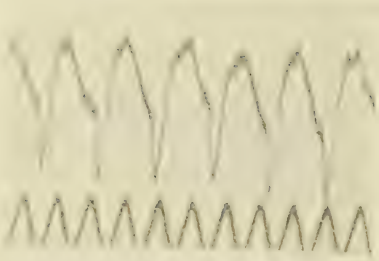
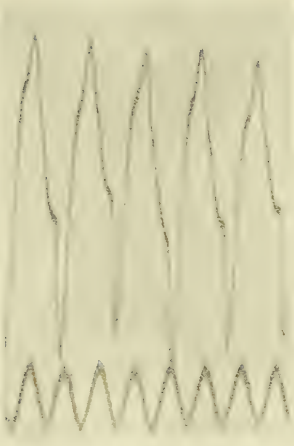


Abb. 21



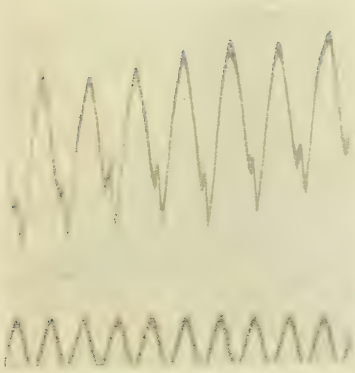


Abb. 23

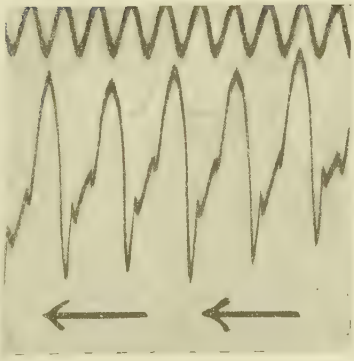


Abb. 24

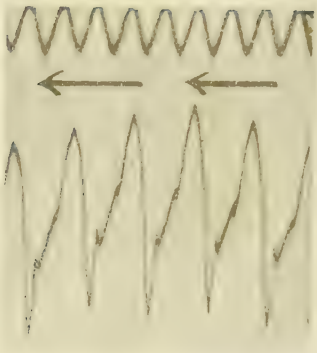


Abb. 25

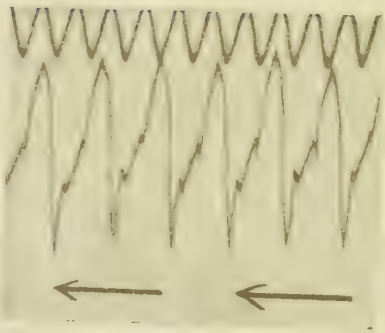


Abb. 26

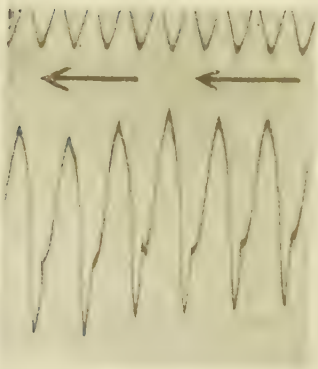


Abb. 27

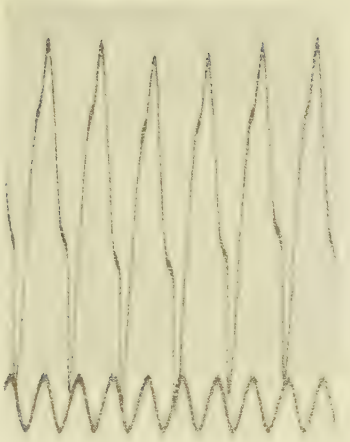


Abb. 28

Abb. 29

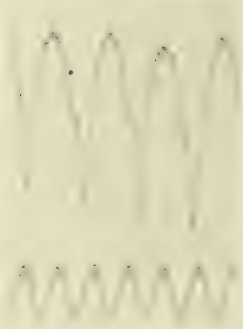


Abb. 30

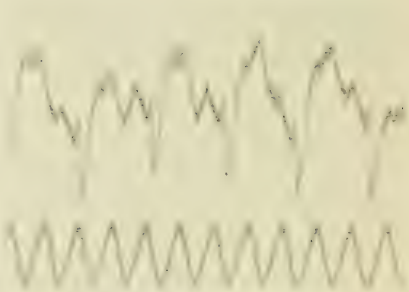


Abb. 31

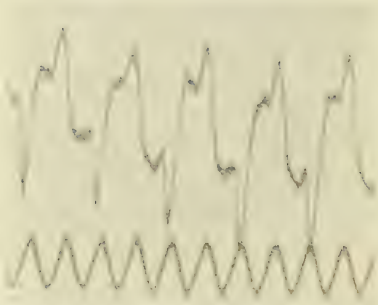


Abb. 32

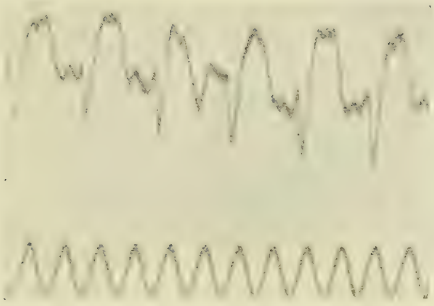


Abb. 33

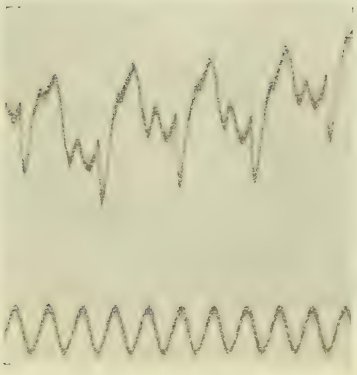


Abb. 34

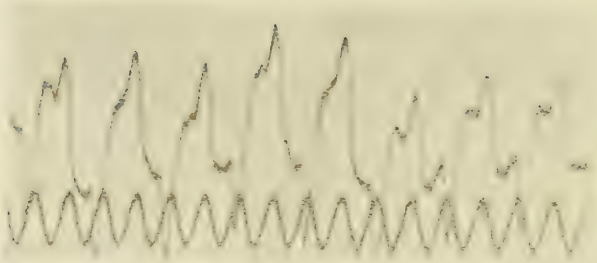


Abb. 35

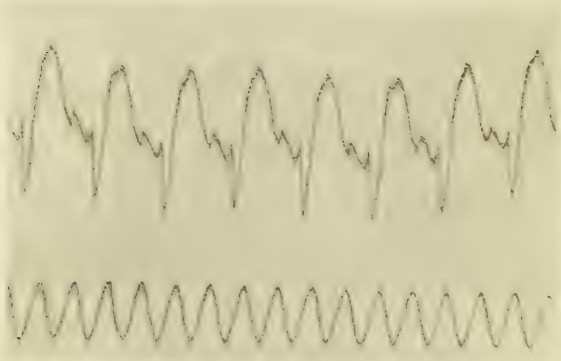


Abb. 36

Abb. 37
Der Verlauf der anatomischen Herzachse bei der Taube.
(Gefrier-Präparat)

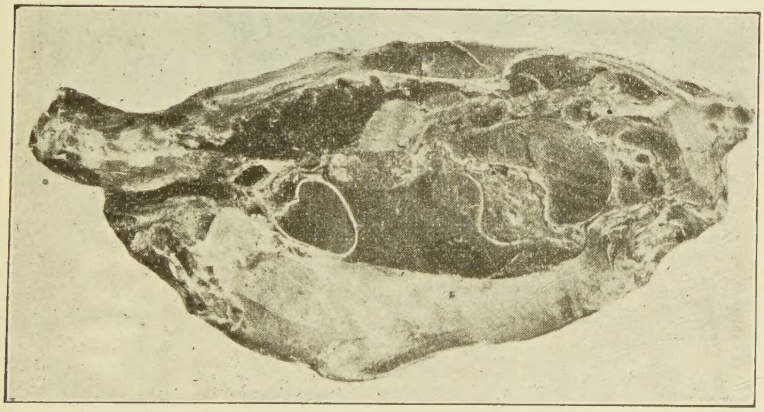


Abb. 38
Der Verlauf der anatomischen Herzachse beim Huhn.
(Gefrier-Präparat)

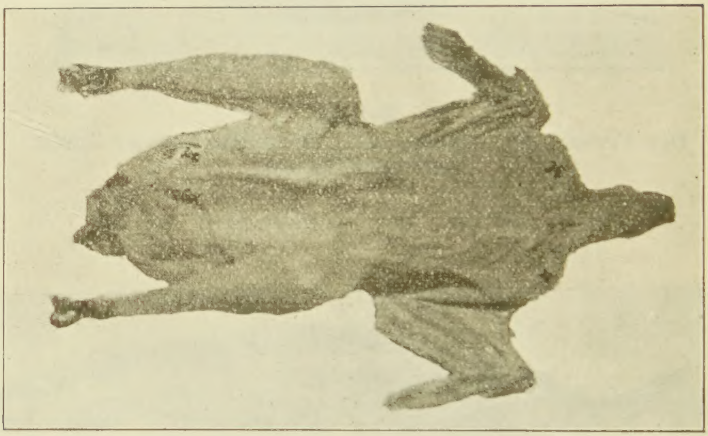


Abb. 39
Die zur Ableitung des Basis- und Spitzenpotentials am geeignetsten gefundenen Stellen bei dem Huhn und der Taube.

## Lebenslauf.

Am 21. August 1904 bin ich in Birthälm, Siebenbürgen (Rumänien) geboren als Sohn des Michael Konradt und seiner Ehefrau Friderieeke Konradt, geb. Werner. Ich besuchte 5 Jahre hindurch die Volksschule in Birthälm und 8 Jahre lang die Stefan-Ludwig-Roth-Schule (Humanistisches Gymnasium) in Mediasch. Im Wintersemester 1923/24 und Sommersemester 1924 studierte ich in Berlin, Wintersemester 1924/25 in Wien, Sommersemester 1925 und Wintersemester 1925/26 in Gießen, wo ich das Physikum ablegte. Sommersemester 1926 studierte ich in Dorpat (Estland), Wintersemester 1926/27 und Sommersemester 1927 in Gießen, wo ich am 18. Dezember 1927 das Staatsexamen mit der Gesamtnote gut bestand.